

近赤外単眼カメラ画像からの 眼球運動計測法とその応用に関する検討

瀧澤 晃司 篠田 貴之 加藤 誠巳

(上智大学理工学部)

1. まえがき

疲労、意識の変化、情動刺激、感覚刺激、思考など、心的要因は顔の表情として外面に顕れる。特に視線、目の状態、瞬目など、目に関する仕草は、非常に多くの情報量を有している。この特性を踏まえ、眼球運動に関する研究として、従来から視線検出装置や瞳孔径及び瞳孔面積を求める電子瞳孔計の開発が行われている。

眼球運動計測の問題点として、測定器によっては姿勢が拘束されること、測定中の瞬きが禁止されることなど、被験者への負担が大きいことが挙げられる。これらの拘束を回避するために、画像処理技術を用いて人物の動作、顔の表情などを解析することが有効である。

本稿では眼球を近赤外ビデオカメラで撮影し、画像処理を用いることで瞳孔や虹彩を抽出することにより、眼球運動を計測する手法とその応用について検討を行った結果について述べる。

2. システムの概要

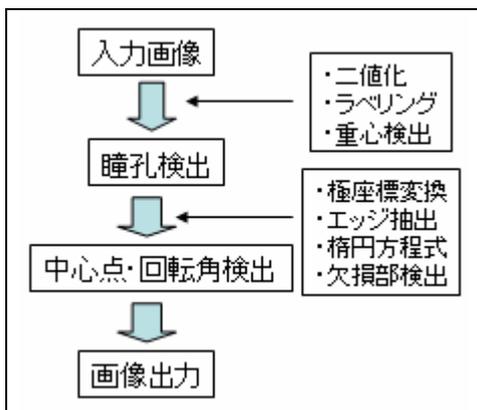


図1 システムの概要

A Measurement Method of Eye Movements and Its Application Using Infrared Monocular Camera Image
Koji TAKIZAWA, Takayuki SHINODA, Masami KATO
Sophia University

瞳孔径計測には近赤外線投光器付 CMOS 白黒カメラを用いて、動画像(320×240pixels)を取得している。本システムは照明などの眼球への映り込みによる瞳孔画像の欠損にも対応した、リアルタイムの処理により、眼球運動を測定するものである。

3. システムの構成

3.1 近赤外線カメラ画像

カラー画像では瞳孔と虹彩の色が近いため区別が付きにくい。瞳孔と虹彩の近赤外光に対する吸光率が異なる性質を利用し、眼に近赤外線を照射し、その波長領域で撮影することにより、瞳孔・虹彩部分を区別することが容易になる。

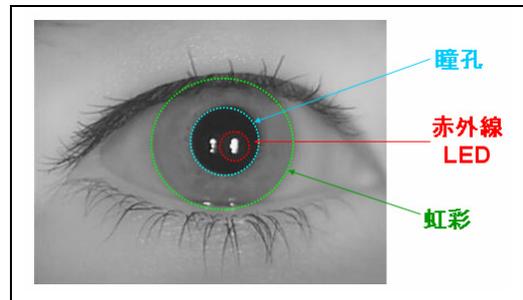


図2 近赤外カメラ画像

3.2 楕円方程式の決定

原点(0, 0)を通らない楕円は一般に次式で表され、

$$Ax^2 + Bxy + Cy^2 + Dx + Ey + 1 = 0 \quad (1)$$

この楕円の中心座標(x_0, y_0), x軸方向からみた長軸の回転角 θ は次式で与えられる。

$$x_0 = \frac{BE - 2CD}{4AC - B^2}, y_0 = \frac{BD - 2AE}{4AC - B^2} \quad (2)$$

$$\theta = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left(\frac{B}{A - C} \right) \quad (3)$$

二値化した画像から得た瞳孔の輪郭上の任意の5点の(x, y)座標からA, B, C, D, Eを求め、(2)~(3)式

により、中心座標(x_0, y_0)、回転角 を求める。A, B, C, D, E が求まらない場合は他の5点に対して同様の操作を施す。

3.3 欠損部分の検出

近赤外線カメラにより瞳孔画像を撮影する場合、近赤外線照明の光が角膜で反射し、反射像や瞳孔の上下左右の欠損が生じるが、輝度値の変化量を求めることでこの問題に対処した。

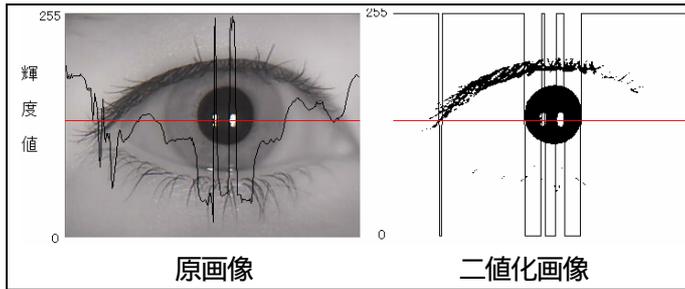


図3 輝度グラフ

映り込みなどによる欠損が生じた場合、図3のように、欠損の境界部分において輝度値の急激な降下が見られる。抽出された瞳孔の輪郭座標とその付近の座標の輝度情報を比較することで、欠損部分を検出し、除外する。

4. 実行結果

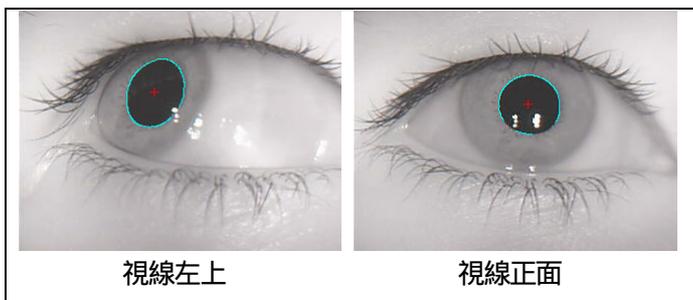


図4 測定画像

図4のように、映り込みなどによる欠損が生じてても、本手法により瞳孔範囲や瞳孔の中心位置を高い精度で検出できた。しかし瞼や映り込みなどによって、瞳孔輪郭部分に大きな欠損がある場合やピントが上手く合っていない場合、まつげが大きくかぶさった場合など、測定不能なときもある。

だが、瞳孔と虹彩の近赤外光に対する瞳孔の吸光率の性質を用いて測定しているため、コンタクトレンズ、眼鏡やサングラスを装着した場合にも、ほとんど影響を受けることなく、リアルタイムで測定することが出来た。

5. 期待される応用用途

このシステムによって得られた眼球運動に関するデータを用いることで、視線や人の心理状況を考慮に入れたシステムの構築が考えられる。

社会のIT化により、誰もがVDT(Video Display Terminal)作業を行うようになり、作業時の目の疲労や心理状態、視線分析を行うなどの目的で、眼球運動を測定する技術の開発が進められている。例えば、視線を入力手段として利用するコンピュータシステムは、通常のマウス・キーボードなどによらず入力が可能となることから、有効なコミュニケーション手段となりうるとされている。この技術により、運動機能に重大な障害を持つに患者の意思伝達・会話コミュニケーションを支援することが可能である。

また、外光の変化を考慮に入れた眼球運動の測定が行えるならば、ドライバの視線や心理的負荷、疲労などを測定でき、不注意や居眠りなどによる交通事故防止につなげることも考えられる。

このように、眼球運動計測に関する技術は様々な応用用途が期待できる。

6. むすび

本稿では、撮影機器による瞳孔への影響を最小限に抑えながら、瞳孔画像の欠損にも対応した高精度かつ高速な瞳孔径測定法とその応用に関して検討を行った結果について述べた。眼球運動の計測を利用した様々な応用が期待されるが、瞳は光など周囲の影響を受けやすいので、それに対応したロバストなシステムを構築しなければならない。また、GSR(皮膚電気抵抗)、呼吸数、脈拍数などの情報と組み合わせた測定を行うことが出来れば、被験者の心理状態の把握などに、さらに精度の高い測定が行えるものと考えられる。

最後に、有益な御討論を頂いた本学 e-LAB/マルチメディア・ラボの諸氏に謝意を表す。

参考文献

- [1] Y. Sakashita, H. Fujiyoshi: "Accurate and Fast Ellipse Detection for Pupil Extraction," 平成17年度電気関係学会東海支部連合大会, O-250(2005).
- [2] 篠田, 加藤: "工学的応用を目的とした画像処理による瞳孔径計測に関する検討," 情処学会第68回全大, 4M-2(2005).